

Área: Sustentabilidade | **Tema:** Temas Emergentes em Sustentabilidade

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DE SISTEMA DE ALVENARIA E CONCRETO ARMADO E
DE SISTEMA DE LIGHT STEEL FRAME PARA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DO PROGRAMA
“MINHA CASA, MINHA VIDA”**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE COSTS OF A MASONRY AND REINFORCED CONCRETE
SYSTEM AND A LIGHT STEEL FRAME SYSTEM FOR A SINGLE-FAMILY DWELLING OF THE
“MINHA CASA, MINHA VIDA” PROGRAM**

Eduardo Henrique Lucca Santos, Joaquim Cesar Pizzutti Dos Santos, Selton Fernandes De Sousa Lima e

Arthur Pereira Rodrigues

RESUMO

O Brasil possui um grave problema de déficit habitacional. Para atenuar essa situação o governo tem estimulado a construção de conjuntos habitacionais por meio de programas governamentais. Neste contexto, temáticas relacionadas à produção em larga escala de moradias como custo, produtividade, redução do consumo de energia e água, diminuição de emissões de dióxido de carbono e diminuição da produção de resíduos ganham destaque. Logo, faz-se necessário comparar sistemas construtivos que tradicionalmente são utilizados no Brasil com sistemas construtivos industrializados que ainda são tecnologias emergentes no Brasil, e que tornam o processo construtivo mais ágil e sustentável, como o Light Steel Frame (LSF). Sendo assim, o presente trabalho analisou comparativamente os custos de um sistema Light Steel Frame e um sistema de alvenaria portante e concreto armado para a construção de uma habitação unifamiliar do programa “Minha Casa, Minha Vida”. Os orçamentos foram realizados em outubro de 2018 e foram feitos com dados do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), com dados de fornecedores de materiais e com dados fornecidos pela empresa executora da obra. Também foram estimados o tempo de execução e a produtividade de cada um dos sistemas. Os custos diretos do sistema de alvenaria e concreto armado foram 14,87% menores que os do sistema Light Steel Frame, mas os custos indiretos foram 27,52% maiores. Sendo assim, o sistema de alvenaria e concreto armado apresenta custo total 8,94% menor que o sistema de Light Steel Frame. O maior custo direto é devido à menor oferta de materiais para o LSF no Brasil em comparação ao outro sistema e o menor custo indireto é devido principalmente ao menor tempo de duração das obras do LSF. Por outro lado, o sistema em Light Steel Frame demanda 56,52% menos tempo de construção e apresenta produtividade 129,96% maior. Ainda, enfatiza-se a sustentabilidade e a praticidade de execução do sistema LSF.

Palavras-Chave: Déficit Habitacional. Sustentabilidade. Custos. Light Steel Frame.

ABSTRACT

Brazil has a severe housing shortage problem. To improve this situation, the government has been encouraging the construction of housing through government programs. In this context, thematic regarding large-scale housing production such as cost, productivity, reduction of energy and water consumption, reduction of carbon dioxide emissions and reduction of waste stand out. Therefore, it is necessary to compare construction systems that are traditionally used in Brazil with industrialized construction systems that make the construction process more agile and sustainable and that are still emerging technologies in Brazil, such as the Light Steel Frame system. Thus, the present work comparatively analyzed the costs of a Light Steel Frame system and a masonry and reinforced concrete system for the construction of a single-family dwelling under the “Minha Casa, Minha Vida” program. The budgets were produced in October of 2018 and were made with data from SINAPI (National System of Costs Survey and Indexes of Construction), with data from material suppliers and data provided by the company responsible for the construction process of the project. Also, the construction time and the productivity of each of the systems were estimated. The direct costs of the masonry and reinforced concrete system were 14.87% lower than those of the Light Steel Frame system, but the indirect costs were 27.52% higher. Therefore, the masonry and reinforced concrete system has a total cost 8.94% lower than

the Light Steel Frame system. The higher direct cost is due to the lower supply of materials for LSF in Brazil compared to the other system and the lower indirect cost is mainly due to the shorter duration of its construction period. On the other hand, the Light Steel Frame system requires 56.52% less construction time and has a productivity 129.96% higher. Furthermore, it is necessary to emphasize that the LSF system brings improvements in sustainability and practicality of execution.

Keywords: Housing shortage. Sustainability. Costs. Light Steel Frame.

ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DE SISTEMA DE ALVENARIA E CONCRETO ARMADO E DE SISTEMA DE LIGHT STEEL FRAME PARA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DO PROGRAMA “MINHA CASA, MINHA VIDA”

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que o déficit habitacional brasileiro para o ano de 2015 correspondia a 6.355.743 domicílios (FJP, 2018), configurando-se como um problema urbano de grande relevância. Um dos programas governamentais que vem sendo utilizado para auxiliar na diminuição do déficit habitacional e também para suprir novas demandas por habitações é o “Minha Casa, Minha Vida”, que propicia melhores condições para financiamento de imóveis a famílias de baixa renda.

Atualmente, a construção civil no Brasil ainda se sustenta em vertentes artesanais, e o setor não tem acompanhado o desenvolvimento tecnológico dos demais setores industriais. Nesse contexto, a indústria da construção civil necessita de desenvolvimento tecnológico e gestão com abordagem mais produtiva, ao mesmo tempo que deve valorizar questões ambientais, focando no desenvolvimento de soluções mais racionais e eficazes (JAVARINI; PINTO, 2015).

O setor da construção tem alto consumo de recursos naturais e gera grandes volumes de resíduos. O Conselho Internacional da Construção (CIB) aponta a indústria da construção como o setor que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva. Estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes da construção (MMA, 2014).

Sendo assim, sistemas industrializados como o *Light Steel Frame* (LSF) surgem como opções para proporcionar o desenvolvimento do setor. Sistemas industrializados proporcionam maior rapidez de execução, redução nas perdas, menor quantidade de colaboradores em cada construção e aumento de produtividade (JAVARINI; PINTO, 2015). Esses sistemas favorecem a produção de moradias em larga escala, o que é fundamental para a execução de moradias dentro dos prazos estipulados em obras de programas governamentais (SANTIAGO; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2010). Além disso, o LSF gera menos resíduos, proporciona a redução dos consumos de energia e de água e apresenta baixa emissão de CO₂, emitindo aproximadamente cinco vezes menos CO₂ quando comparado ao processo construtivo convencional (JAVARINI; PINTO, 2015).

A fim de buscar uma maior inserção dessa técnica produtiva, sustentável e tecnológica no mercado da construção civil brasileira, faz-se necessário analisar o ponto de vista orçamentário da utilização do sistema de *Light Steel Frame* para a construção de edificações residenciais, comparando-o aos métodos construtivos tradicionalmente utilizados.

1.1 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo analisar os custos de um sistema composto de estrutura de concreto armado e alvenaria de tijolo cerâmico em relação a um sistema construtivo *Light Steel Frame* para uma habitação unifamiliar do programa “Minha Casa, Minha Vida”.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 SISTEMA CONSTRUTIVO DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA

No Brasil, um sistema estrutural comumente adotado para a execução de habitações

unifamiliares é o de alvenaria portante em conjunto com elementos de concreto armado. Nesses sistemas as paredes são executadas com tijolos ou blocos cerâmicos e possuem função estrutural, não sendo apenas elementos de vedação. Já o concreto armado é utilizado geralmente na execução de fundações, vigas e lajes.

O concreto armado originou-se do intuito de aproveitar as qualidades do concreto, que apresenta elevada resistência aos esforços de compressão, mas é pouco resistente à tração, e as qualidades do aço, que resiste muito bem aos dois esforços. Bastos (2019) afirma que o concreto armado surgiu da necessidade de aliar a durabilidade do concreto à resistência do aço, além da necessidade de proteger o aço para evitar a sua corrosão. Também, o aço absorve os esforços de cisalhamento ou cortantes que atuam nos elementos de concreto (RODRIGUES, 2006).

Aliada à popularidade do concreto armado no Brasil, a alvenaria de blocos cerâmicos vem sendo tipicamente adotada para os sistemas de vedações verticais das edificações. Entretanto, características como o longo período de execução, a geração de resíduos e o elevado peso tornam a alvenaria um método artesanal e ultrapassado (SOUZA, 2013). Prudêncio (2013) disserta que este é um sistema construtivo completamente artesanal que se caracteriza pela baixa produtividade e grande desperdício de material, devido ao fato de todas as etapas construtivas serem executadas *in loco*, prolongando o período de execução do projeto.

A execução de paredes em alvenaria gera grandes volumes de resíduos, tanto por mão de obra despreparada quanto por falta de planejamento, cabendo também destacar que a fabricação de tijolos cerâmicos emite uma quantidade considerável de CO₂ (STACHERA; CASAGRANDE, 2007). Salienta-se que neste método, caso não sejam utilizados blocos específicos para a passagem de instalações hidráulicas e elétricas, após as paredes serem executadas é necessário cortá-las, o que além de causar um problema estrutural em sistemas de alvenaria portante, aumenta a geração de resíduos.

O sistema construtivo tradicional com estrutura de concreto armado e alvenaria possui velocidade comprometida devido ao baixo nível de industrialização e ao uso de ferramentas de baixa tecnologia, como colheres de pedreiro para projeção de argamassa, níveis de bolha, prumos de face, entre outros, que influenciam na rapidez e qualidade com que o produto final pode ser entregue (ALVES, 2015).

Além disso, a execução deste sistema demanda mais tempo devido às características dos materiais empregados, que por vezes precisam de tempo para secagem e cura, como é o caso de concreto, argamassa, chapisco, emboço e reboco. Também, há uma relação de sequencialidade e dependência entre as etapas do processo construtivo deste método, as quais geralmente são todas realizadas no canteiro de obras, aumentando o tempo de execução da obra.

2.2 LIGHT STEEL FRAME

Na década de 40 surgiu nos Estados Unidos o sistema construtivo *steel frame*, ocasionado pelo grande desenvolvimento da indústria do aço no contexto do pós-guerra. Este sistema construtivo é uma derivação do sistema de *wood frame*, do qual substituem-se os perfis estruturais de madeira pelos perfis de aço laminados a frio usados no LSF.

Guizelini (2011) afirma que no Brasil as primeiras construções com este método foram iniciadas apenas no ano de 1998, na cidade de São Paulo. No começo do segundo semestre de 2003, o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (Sinduscon-SP), o Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) e a Caixa Econômica Federal (CEF) elaboraram um manual denominado “*Steel Framing – Requisitos e condições mínimas para financiamento pela CAIXA*”, pioneiro na regulamentação do uso do LSF no Brasil.

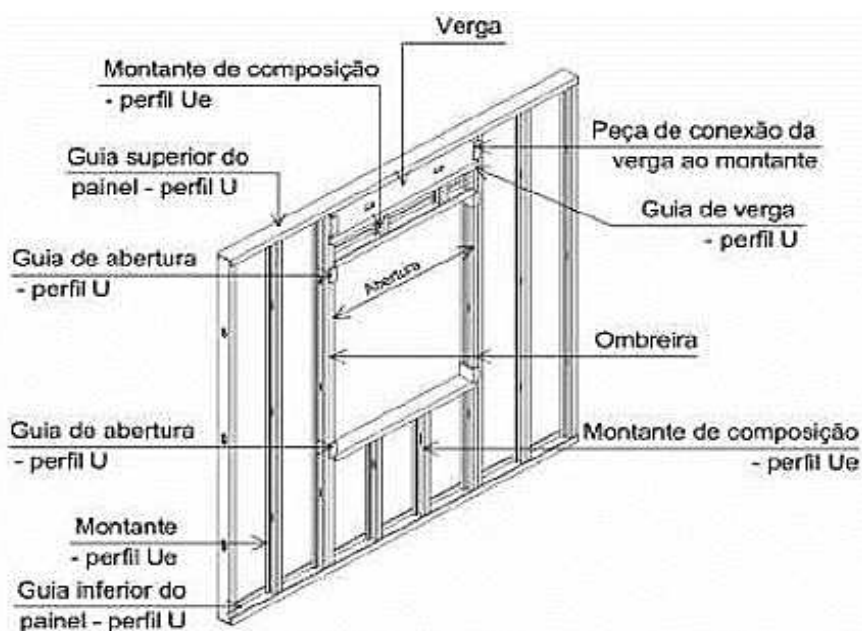
O *Light Steel Framing* é um sistema de construção que se estrutura em perfis de aço galvanizado formados a frio, projetados para suportar as cargas da edificação e trabalhar em

conjunto com outros subsistemas industrializados (YAMASHIRO, 2011). Os perfis são utilizados na composição de painéis estruturais de paredes, vigas de piso, vigas secundárias, treliças, tesouras de telhado, entre outros componentes. Os perfis usados no LSF se originam da perfilagem de bobinas de aço ASTM A36, sendo revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco ou galvanizadas por eletrodeposição. As seções dos perfis e suas aplicações são definidas e regulamentadas pelas normas NBR 15253 (ABNT, 2014) e NBR 6355 (ABNT, 2012).

Rodrigues (2006) descreve que os painéis estruturais são compostos por vários perfis parafusados e espaçados regularmente entre si, de acordo com a modulação definida no cálculo estrutural, variando entre 400 mm e 600 mm. Essa modulação otimiza custos, pois praticamente todos os materiais complementares e subsistemas são enquadrados em múltiplos desse espaçamento, permitindo o controle de utilização e a minimização de desperdício desses materiais.

Em sua maioria, os painéis são executados em fábrica, garantindo produtividade, qualidade e melhores condições de trabalho, além de diminuir a área necessária para o canteiro de obra. Entretanto, estes painéis também podem ser montados no local da obra (JAVARINI; PINTO, 2015). A figura 1 apresenta os itens que compõe os painéis estruturais.

Figura 1 - Pannel estrutural em LSF

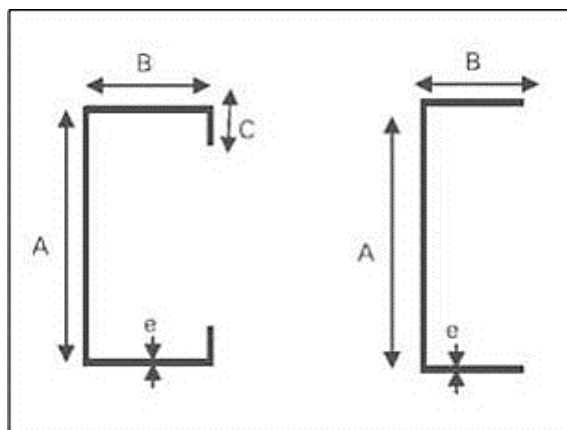


Fonte: Santiago, Freitas e Castro (2012).

Gaspar (2013) afirma que no sistema LSF se utilizam para as lajes os mesmos princípios dos perfis das paredes, sendo que as vigas de piso utilizam os perfis de seção “Ue”, tendo, porém, alma de 200mm ou 250mm de altura. Para Santiago, Freitas e Castro (2012) as lajes podem ser divididas em dois tipos, secas ou úmidas, dependendo do contrapiso e do método utilizado pelo construtor.

Conforme Lourenço et al (2015) as lajes secas são compostas por painéis de OSB ou placas cimentícias apoiadas sobre perfis metálicos estruturais (vigas de entre - piso) ao passo que as lajes úmidas são compostas por formas de aço (chapas galvanizadas) preenchidas com concreto e tela eletrosoldada. Os perfis de aço utilizados no sistema LSF estão apresentados na figura 2.

Figura 2 - Perfis de aço em U enrijecido (Ue) e U simples (U)



Fonte: Facco (2014).

Segundo Santiago, Freitas e Castro (2012) para escolher a fundação de uma edificação é preciso analisar características como tipo de solo, topografia, nível de água, dentre outras. Por possuírem estruturas leves, os sistemas de LSF podem ser executados sobre qualquer tipo de fundação. Apesar disso, *radier* e sapata corrida são os mais utilizados para esse sistema, pois proporcionam a distribuição uniforme das cargas do sistema estrutural para a fundação.

A sapata corrida apresenta algumas desvantagens em relação ao uso do *radier*. Uma delas é a necessidade de executar contrapiso, seja em concreto ou em perfis de aço formados a frio, que deverá ser apoiado sobre a fundação. O uso deste tipo de fundação também demanda maior tempo de execução e maior quantidade de madeira para as formas.

Seguido à execução da fundação deve-se fixar os painéis da estrutura à mesma, para que os painéis resistam aos movimentos de translação (deslocamento lateral) e tombamento (elevação da estrutura). A escolha da ancoragem mais eficiente depende das solicitações de carga da estrutura, do tipo de fundação e das condições climáticas e ambientais (CONSULSTEEL, 2002). De acordo com Dias (2005) uma maneira eficiente de fixar os painéis à fundação se dá por meio de parafusos posicionados no concreto ainda fresco, também sendo possível utilizar parafusos auto atarraxantes, conhecidos como parabolts, e barras rosçadas.

Terni, Santiago e Pianheri (2008) expõem que o fechamento da estrutura pode ser realizado com vários tipos de placas: OSB (*Oriented Strand Board*), placas cimentícias, placas de gesso acartonado, dentre outras. A escolha de qual placa utilizar depende da finalidade do fechamento, do custo almejado para a obra e do revestimento a ser adotado. Os materiais mais indicados para os fechamentos externos são placas OSB e placas cimentícias, enquanto que placas de gesso acartonado são recomendadas apenas para ambientes internos.

As placas OSB necessitam de impermeabilização quando expostas a intempéries, que deve ser feita com uma manta de polietileno de alta densidade para revestir toda área externa, seguida de revestimento de *siding* vilínico ou argamassa acompanhada com pintura (PRUDÊNCIO, 2013).

Já quanto às placas cimentícias, elas são fabricadas a partir da mistura de cimento Portland, agregados naturais de celulose e fios sintéticos de polipropileno. E necessitam receber tratamento superficial a fim de conferir maior resistência à abrasão e impermeabilidade (FACCO, 2014). Crasto (2005) denota que as dimensões das placas cimentícias variam de acordo com o fabricante, mas que em geral as chapas utilizadas para sistemas de fechamento em LSF são comercializadas nas dimensões: largura fixa de 1,20 m, comprimentos variando entre 2,00 m, 2,40 m e 3,00 m e espessuras de 6, 8 e 10 mm.

Segundo a NBR 14715-1 (ABNT, 2010) as chapas de gesso acartonado são classificadas

conforme as suas possíveis aplicações: standard (indicada para paredes, revestimentos e forros em áreas secas); resistente à umidade (indicada para paredes, revestimentos e forros em áreas sujeita à umidade por tempo limitado e de forma intermitente); resistente ao fogo (indicada para paredes, revestimentos e forros em áreas secas, que necessitem ser resistentes ao fogo). Poças (2014) afirma que para áreas não molháveis a placa de gesso acartonado *standard* é uma boa solução. Essa placa é fixada com parafusos na estrutura de aço galvanizado e pode ser posteriormente revestida com qualquer tipo de acabamento final.

Já para as coberturas de residências, a solução mais comum é a utilização de treliças de aço, popularmente conhecidas como tesouras. Nas estruturas de coberturas de *steel frame* são utilizados os mesmos perfis de aço galvanizado empregados na estrutura das paredes, geralmente os perfis “U” e “Ue”, com alma de 90mm, 140mm ou 200mm de altura. As coberturas de LSF possuem as mesmas características e princípios das estruturas convencionais, possibilitando o uso de telhas cerâmicas, metálicas, fibrocimento, entre outras (POÇAS, 2014).

Nos sistemas construtivos a seco é preciso haver estanqueidade em lugares em que possa haver contato com a água da chuva ou do solo, como em fachadas, vedações verticais, juntas entre paredes, juntas entre paredes e lajes, pisos de térreo e sistemas de cobertura. Com a intenção de fazer a impermeabilização desses locais são usadas mantas pré-fabricadas ou membranas moldadas in loco (SINAT, 2011).

A impermeabilização mais utilizada é a realizada com membrana hidrófuga e barreira de vapor. Essa membrana evita que intempéries como a água da chuva e a umidade externa, penetrem pela parede, evitando que a estrutura seja danificada e que seja prejudicada vida útil do sistema. Para garantir a estanqueidade da cobertura, é recomendado ainda o uso de uma manta de subcobertura. Outro tipo de impermeabilização para áreas molhadas, vide banheiro e cozinha, é o uso de placas cimentícias acompanhadas de selador e pintura de resina acrílica (MOLINA, 2010).

De acordo com Cichinelli (2012) somente após estrutura, fechamentos externos e cobertura estarem prontos, devem ser instalados os sistemas hidrosanitários e elétricos, a fim de garantir a qualidade do serviço, sem a interferência de chuvas e ventos. Nos sistemas *steel frame*, as instalações hidrosanitárias e elétricas podem ser as mesmas utilizadas no sistema convencional, porém deve-se destacar a maior praticidade e rapidez na execução das instalações no LSF em comparação com o sistema tradicional. Visto que, como afirma Molina (2010), os eletrodutos e canos são embutidos nos espaços vazios presentes no vão entre o fechamento externo e o interno, evitando que as paredes necessitem ser quebradas.

Assim como as instalações hidrosanitárias, o sistema elétrico é instalado através de conduítes plásticos, que são fixados na estrutura com apoio de braçadeiras e/ou fitas metálicas parafusadas. Facco (2014) cita que é preciso fixar as tubulações e os seus componentes nos perfis de aço antes de colocar as placas internas, observando os pontos de saída das tubulações. Ressalta-se que não é permitido a passagem interna de tubulação de gás em sistemas construtivos em que as paredes possam servir como local de acumulo de gás (SINAT, 2011).

Outra vantagem do LSF em relação ao sistema tradicional é a questão da manutenção das instalações. Conforme Facco (2014) na alvenaria é preciso quebrar e cortar as paredes para fazer reparos em tubulações danificadas, ao passo que nos sistemas a seco para a manutenção das tubulações é preciso apenas desparafusar os sistemas de vedação, fixá-los novamente e refazer o acabamento nas juntas entre eles.

Santiago, Freitas e Castro (2012) afirmaram que a execução de um isolamento termo acústico em uma edificação é classificada de acordo com a capacidade que este isolamento possui em prover qualidade ao ambiente para o qual foi projetado, dificultando a passagem de calor e de ruídos entre os ambientes. A instalação de lã de vidro, lã de rocha ou lã de PET entre as placas dos sistemas de vedação verticais é uma prática comumente utilizada para melhorar o isolamento termo acústico do sistema LSF (FACCO, 2014). Essa instalação é feita após a

execução das instalações elétricas e hidrosanitárias e antes da colocação do fechamento interno do sistema de vedação.

2.3 ORÇAMENTO DE OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Para Tisaka (2006), o orçamento para execução de obras e serviços no ramo da construção civil é composto pelo cálculo do custo direto, dos custos indiretos e da bonificação. O custo direto apresenta a somatória de todos os custos dos materiais, mão de obra e equipamentos que serão utilizados em cada um dos serviços na execução da edificação.

Em um orçamento analítico o custo direto é a soma dos custos unitários de todos os serviços específicos, multiplicados pelas suas respectivas quantidades. Ao passo que os custos indiretos são os custos da administração central da empresa, que não se incorporam à obra, mas se fazem importantes para sua execução, tais como salário dos funcionários, transporte de pessoas e de materiais, impostos, seguros, entre outros (TISAKA, 2006). Já o lucro e as despesas indiretas da empresa e do projeto são representados como uma taxa percentual que incide sobre os custos diretos de produção. Essa taxa é chamada de Bonificação e Despesas Indiretas (BDI).

Para elaborar um orçamento é essencial produzir uma planilha de composição de custos, que determina o custo total da obra por meio da quantificação e valoração dos serviços que a abrangem, sendo indispensável que todos os serviços que serão efetuados na obra constem no orçamento (DIEFENTHÄLER, 2016). Para embasar a elaboração de orçamentos na construção civil são usadas tabelas elaboradas por diversos órgãos públicos e empresas particulares. A título de exemplo pode-se citar o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), que é um sistema de informação dos preços e índices da construção civil para o setor da habitação.

O SINAPI é um levantamento de custos de materiais e de salários pagos na construção civil. A coleta de dados dos custos é realizada pelas equipes estaduais do IBGE, na primeira quinzena do mês de referência, a partir da adoção de conceitos e procedimentos semelhantes que permitam a comparação dos resultados. Os preços de referência são obtidos na região metropolitana de cada Estado, e no cálculo dos custos não são incluídas outras despesas como a compra do terreno, licenças, certidões, habite-se, entre outras.

3 METODOLOGIA DO TRABALHO

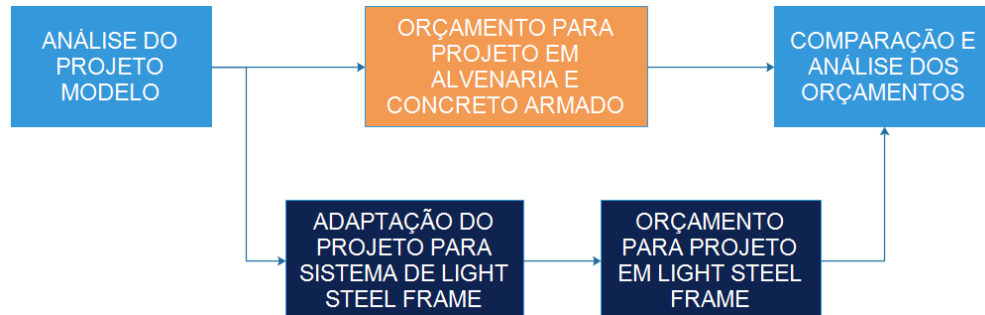
O projeto base utilizado no desenvolvimento do presente trabalho refere-se ao projeto de uma edificação unifamiliar financiada por meio do programa governamental “Minha Casa, Minha Vida”, a qual faz parte de um conjunto habitacional de 200 casas que estava sendo construído no município de Dourados, Mato Grosso do Sul, em outubro de 2018. A residência apresenta uma área total de 47,03 m².

A habitação foi projetada originalmente para ser executada com um sistema estrutural de pilares e lajes de concreto armado e paredes de alvenaria portante, projetadas com tijolos cerâmicos de 8 furos e dimensões 19x19x14cm nas paredes externas e tijolos cerâmicos de 8 furos e dimensões 9x19x19cm nas paredes internas. Logo, para a realização desta pesquisa fez-se necessário modificar o projeto estrutural da edificação a fim de adaptá-lo ao sistema construtivo *light steel framing*. Após, foram elaborados orçamentos para o projeto original e para o projeto adaptado. Em ambos os casos se considerou que a fundação seria de *radier*.

O fluxograma da metodologia aplicada neste estudo está apresentado na figura 3. Já a figura 4 apresenta a planta baixa do projeto base, que foi cedida pela empresa responsável pela execução da obra. Por fim, a figura 5 apresenta uma foto da execução das residências do conjunto habitacional em questão a fim de ilustrar o sistema estrutural de concreto armado e

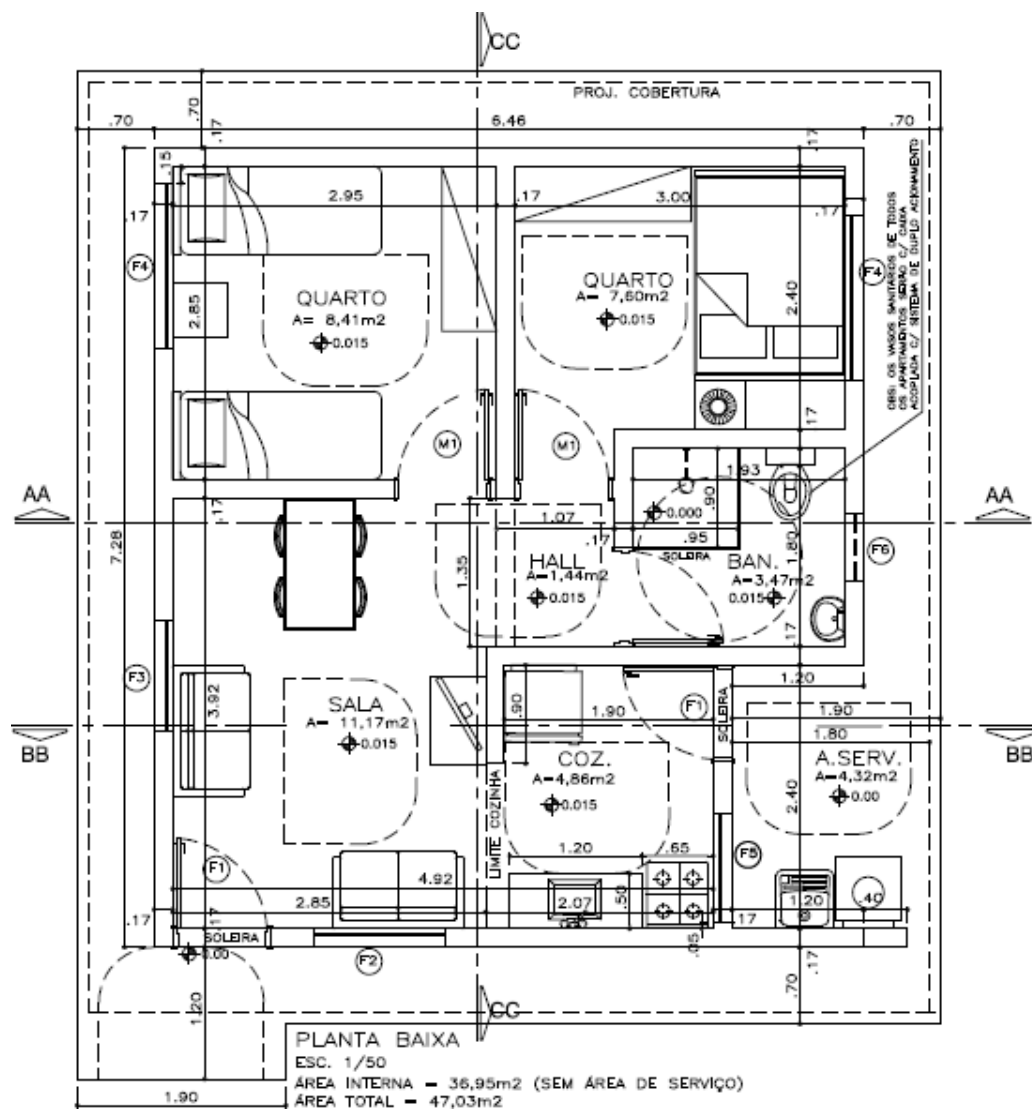
alvenaria portante. Na imagem os pilares estão concretados e as paredes estão sendo executadas, sendo que posteriormente as vigas viriam a ser executadas sobre as paredes.

Figura 3 - Fluxograma da Metodologia do Trabalho



Fonte: autores.

Figura 4 - Planta Baixa do Projeto Base



Fonte: autores.

Figura 5 – Sistema de concreto armado e alvenaria portante



Fonte: autores.

4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Neste trabalho foram elaborados orçamentos analíticos a partir das composições de custos de cada um dos serviços necessários para a execução da referida edificação, discriminando-se as quantidades de materiais, equipamentos e mão de obra necessários para cada método construtivo. Os dois orçamentos produzidos fazem referência a outubro de 2018.

O orçamento do sistema construtivo de estrutura de concreto armado e alvenaria cerâmica foi obtido com base nas tabelas do SINAPI referentes ao estado de Mato Grosso do Sul em outubro de 2018. Já para orçar o sistema de *light steel frame* foi realizada uma pesquisa de preços com fornecedores locais, a fim de analisar o custo dos materiais e serviços de acordo com a realidade local, pois esse tipo de sistema ainda não é amplamente vendido no mercado brasileiro e os valores médios trazidos pelas tabelas do SINAPI poderiam destoar dos valores encontrados na prática. Para ambos orçamentos foi considerado um BDI de 20%, o qual foi estabelecido em conjunto com a empresa responsável pelo projeto em questão.

O quadro 1 apresenta um trecho do orçamento analítico elaborado para o sistema de concreto armado e alvenaria. Outrossim, o resumo dos custos diretos do orçamento para o sistema de concreto armado e alvenaria está apresentado na tabela 1, onde estão detalhados os custos totais de cada item, a porcentagem de influência de cada item no orçamento final e o somatório dos custos diretos.

Quadro 1 – Exemplo do orçamento analítico para o sistema de concreto armado e alvenaria

Item	Descrição	Un.	Quant.	Preço Unitário (R\$)	Preço (R\$)	Preço com BDI (R\$)
3	Concreto armado					
3.1	Pilar					
3.1.1	Fabricação de Forma em Chapa de Madeira 17mm	m ²	25,17	57,92	1.457,85	1.749,42
3.1.2	Corte e Dobra de Aço CA-60 de 5mm	Kg	28,47	10,93	311,18	373,41
3.1.3	Corte e Dobra de Aço CA-50 de 8mm	Kg	92,86	7,11	660,24	792,28

3.1.4	Concreto Estrutural Fck=25Mpa	m³	293,73	340,73	408,87	293,73
3.1.5	Lançamento com Uso de Baldes, Adensamento	m³	1,16	147,01	170,53	204,64
	Subtotal				2.940,52	3.528,62

Fonte: autores.

Tabela 1: Resumo dos custos diretos para o sistema de concreto armado e alvenaria

Item	Descrição	Subtotal (R\$)	%
1	Serviços Preliminares	1.125,59	1,43
2	Infraestrutura	4.180,45	5,32
3	Concreto Armado	14.510,87	18,46
4	Paredes e Painéis	7.804,07	9,93
5	Esquadrias e Ferragens	7.650,65	9,74
6	Cobertura	8.600,39	10,94
7	Revestimentos, Pintura e Elementos	13.483,33	17,16
8	Pavimentação	3.308,65	4,21
9	Instalações e Aparelhos	15.792,53	20,10
10	Serviços Complementares	2.129,34	2,71
	Total (R\$)	78.585,86	100

Fonte: autores.

Neste orçamento, desconsiderando o item “instalações e aparelhos” pois ele terá o mesmo custo para ambos os métodos, “concreto armado” (18,46%), “estrutura de cobertura” (10,94%) e “revestimentos” (17,16%) são os itens que mais impactam o orçamento. O custo total para esta residência com este método construtivo foi avaliado em R\$ 78.585,86. Sendo assim, obteve-se o valor de R\$ 1670,97 para o m² para a residência em questão, considerando apenas os custos diretos deste método construtivo.

O quadro 2 expõe parte do orçamento feito para o sistema de LSF e a tabela 2 mostra um resumo dos custos diretos deste orçamento.

Quadro 2 – Exemplo do orçamento analítico para o sistema de *Light Steel Framing*

Item	Descrição	Un.	Quant.	Preço Unitário (R\$)	Preço (R\$)	Preço com BDI (R\$)
4	Painéis LSF					
4.1	Chumbador/Ancoragem	Kg	10,60	11,00	116,60	139,92
4.2	Perfil Laje 200x40x15mm, e=0,95	M	87,36	30,61	2.674,09	3.208,91
4.3	Perfil Guia Laje 200x40x15mm e=0,95	M	32,30	23,81	769,06	922,88
4.4	Perfil Montante Ue 90x40x15mm, e=0,95mm	M	279,79	17,00	4.756,43	5.707,72
4.5	Perfil Guia U 90x40mm, e=0,95mm	M	120,15	13,60	1.634,04	1.960,85
4.6	Isolamento Termo Acústico	m²	90,66	13,46	1.220,28	1.464,34
4.7	Placa OSB	m²	224,28	40,00	8.971,20	10.765,44
4.8	Membrana Hidrófuga	m²	92,23	4,92	453,77	544,53
4.9	Parafusos Parafusadores Perfil/Perfil	Cento	50,00	24,89	1.244,50	1.493,40

	Subtotal				21.839,98	26.207,97
--	-----------------	--	--	--	------------------	------------------

Fonte: autores.

Tabela 2: Resumo dos custos diretos para o sistema de *Light Steel Framing*

Item	Descrição	Subtotal (R\$)	%
1	Serviços Preliminares	1.125,59	1,22
2	Infraestrutura	4.180,45	4,53
3	Painéis LSF	26.207,97	28,39
4	Esquadrias e Ferragens	7.650,65	8,29
5	Cobertura	10.394,63	11,26
6	Revestimentos, Pintura e Elementos	21.527,78	23,32
7	Pavimentação	3.308,65	3,58
8	Instalações e Aparelhos	15.792,53	17,11
9	Serviços Complementares	2.129,34	2,31
	Total (R\$)	92.317,58	100

Fonte: autores.

Neste orçamento, desconsiderando o item “instalações e aparelhos”, “painéis LSF” (28,39%), “estrutura de cobertura” (11,26%) e “revestimentos” (23,32%) são os itens que mais impactam o orçamento. O custo total para esta residência com este método construtivo foi avaliado em R\$ 92.317,58. Sendo assim, obteve-se o valor de R\$ 1962,95 para o m² para a residência em questão, considerando apenas os custos diretos deste método construtivo. Denota-se observando os custos diretos que neste caso o *Light Steel Framing* ainda é mais caro que a construção em alvenaria e concreto armado, apresentando um custo direto 17,47% maior. Pode-se atribuir o motivo disso à menor oferta de materiais do sistema LSF no mercado em comparação com a oferta de materiais tradicionalmente utilizados.

Para este estudo foram encontrados fabricantes e fornecedores de aço no município em questão, porém muitos não trabalhavam com os perfis estruturais requeridos, fazendo-se necessário procurar fornecedores de outras regiões, o que faz com que o custo adicional de frete incida sobre o preço dos materiais.

Já quanto à produtividade, segundo Doramascki e Fagiani (2009), o cálculo da produção da mão de obra é feito multiplicando a produtividade individual (h/m²) de cada item por sua respectiva área, obtendo então o total de horas trabalhadas. Após, a produtividade final para cada método se dá pela soma das horas calculadas divididas pela área da edificação em questão. A tabela 3 demonstra a produtividade da mão de obra para o método de construção de concreto armado e alvenaria e a tabela 4 a produtividade para o LSF. Os valores de produtividade foram retirados da tabela SINAPI referente ao mês de outubro de 2018.

Tabela 3 - Produtividade para o sistema de alvenaria e concreto armado

Descrição	Produtividade (h/m ²)	Quantidade (m ²)	Total (h)
Execução de Formas p/ Concreto	0,84	97,68	82,05
Armação de Armadura (m/corrido)	0,185	334,60	61,90
Concretagem de Peças Estrut.	1,08	144,71	156,29
Execução de Alvenaria	1,69	157,40	266,01
Chapisco	0,70	224,28	157,00

Reboco	0,08	224,28	18,84
Execução da Estrutura p/ Cobertura	0,40	64,95	25,98
Total (h)			768,06
Produtividade alvenaria e concreto armado (h/m²)			16,33

Fonte: autores.

Tabela 4 - Produtividade para o sistema de *Light steel frame*

Descrição	Produtividade (h/m²)	Quantidade (m²)	Total (h)
Montagem da Estrutura	0,63	89,08	55,94
Colocação de Placas Cimentícias	0,156	92,23	14,39
Colocação de Placas OSB	0,156	224,28	34,99
Colocação de Gesso Acartonado	0,156	168,58	26,30
Isolamento Termo Acústico	0,07	168,58	11,46
Colocação de Membrana Hidrófuga	0,07	92,23	6,46
Montagem da Estrutura p/ Cobertura	2,84	64,95	184,46
Total (h)			333,99
Produtividade LSF (h/m²)			7,10

Fonte: autores.

Conforme a tabela 3, a produção para o sistema de concreto armado e alvenaria é de 16,33h/m², com um total de 768,06h de serviço para o término das etapas analisadas. Já o valor obtido para a produtividade do LSF, como está exposto na tabela 4, foi de 7,10h/m², com um total de horas trabalhadas de 333,99h, tendo o LSF uma produtividade maior, visto que a quantidade de horas necessárias para o outro sistema é 129,96% maior. Isso comprova a alta produtividade e a agilidade construtiva do LSF. As informações apresentadas nas tabelas se referem apenas às etapas construtivas que não são idênticas nos dois métodos.

A partir da produtividade dos itens apresentados nas tabelas 3 e 4 é possível inferir o tempo que uma equipe de trabalhadores demoraria para realizar as tarefas em questão. A fim de exemplificar a quantidade de tempo para a execução de cada um dos sistemas estruturais foi considerada a equipe apresentada na tabela 5. A tabela 6 apresenta o período de tempo em dias para essa equipe de mão de obra realizar as tarefas referenciadas nas tabelas 3 e 4.

Tabela 5 – Quantidade de horas trabalhadas pela mão de obra

Mão de Obra (MDO)	Horas de Serviço/Dia (h/dia)	Horas Mão de Obra/Dia (MDO*h /dia)
3	8	24

Fonte: autores.

Tabela 6 – Tempo para execução de obra

	Tempo total (h)	Tempo (dias/MDO)
Sistema de alvenaria e concreto armado	768,06	32
Sistema de <i>Light Steel Frame</i>	333,99	14

Fonte: autores.

A tabela 6 evidencia a velocidade de construção do sistema estrutural de LSF. No exemplo da tabela pode-se observar que a opção pelo LSF causaria uma diminuição substancial do tempo, demorando cerca de 43,48% do tempo que levaria para executar a estrutura desta residência em concreto armado e alvenaria portante.

No cronograma elaborado pela empresa responsável pela execução do projeto, observou-se que o tempo previsto para a construção das 200 casas originalmente era de 19 meses. Alterando o sistema estrutural para o sistema LSF, obteve-se neste cronograma a previsão de que a construção das 200 casas demoraria 14 meses. Essa diminuição no tempo de execução da obra impacta nos custos indiretos do empreendimento. O quadro 3 apresenta um resumo dos encargos mensais quanto à mão de obra do empreendimento, que era de 80 trabalhadores. Já o quadro 4 apresenta um resumo dos salários mensais fixos relacionados à administração do empreendimento. Por fim, os custos indiretos para a execução das 200 casas considerando ambos os sistemas estão apresentados no quadro 5.

Quadro 3 – Encargos relacionados à mão de obra (MDO)

Encargos	(R\$/MDO) /mês	R\$/mês
Transporte	200,00	16.000,00
Alimentação	0,00	0,00
Seguro e Documentação	1.500,00	120.000,00
Total		136.000,00

Fonte: autores.

Quadro 4 – Despesas mensais com a administração do empreendimento

Cargos da administração	Despesas Mensais com administração (R\$/mês)	Quantidade de funcionários por cargo
Engenheiro	12.420,00	1
Mestre	4.215,60	1
Encarregado	2.982,60	2
Tec. de Segurança	752,40	2
Almoxarife	754,20	1
Apontador	756,00	1
Vigia	675,00	1
Segurança da Obra	3.500,00	1

Fonte: autores.

Quadro 5 - Custos indiretos

	Alvenaria e concreto armado	Light Steel Frame
Encargos MDO	R\$ 2.584.000,00	R\$ 1.904.000,00
Equipamentos e uniformes	R\$ 5.890,00	R\$ 4.340,00
Treinamentos	R\$ 14.440,00	R\$ 5.776,00
Engenheiro	R\$ 235.980,00	R\$ 173.880,00
Mestre	R\$ 80.096,40	R\$ 59.018,40
Encarregado	R\$ 113.338,80	R\$ 83.512,80

Tec. de Segurança	R\$ 28.591,20	R\$ 21.067,20
Almoxarife	R\$ 14.329,80	R\$ 10.558,80
Apontador	R\$ 14.364,00	R\$ 10.584,00
Vigia	R\$ 12.825,00	R\$ 9.450,00
Segurança da Obra	R\$ 66.500,00	R\$ 49.000,00
Água/Luz	R\$ 51.300,00	R\$ 3.780,00
Valor total dos custos indiretos (R\$)	R\$ 3.221.655,20	R\$ 2.334.967,20
Valor por casa (R\$/200)	R\$ 16.108,28	R\$ 11.674,83

Fonte: autores.

As diferenças no subitem “Treinamento” do quadro 5 se devem à mudança do sistema de construção manual para o sistema pré-fabricado, no qual a estrutura é montada fora da obra, e por isso os custos com treinamentos de qualidade e execução de serviços diminuem. Os valores referentes ao treinamento dos funcionários foram orçados com empresas locais. Outrossim, como parte da estrutura é pré-fabricada, serão eliminadas atividades comuns a uma estrutura de concreto armado que aumentariam o consumo de água. Portanto, no subitem “Água/Luz” foi estimado uma economia de 90% no consumo total de água, valor baseado nos valores encontrados por Guimarães, Costa e Gonçalves (2019).

Levando-se em conta apenas os custos indiretos, o *Light Steel Framing* mostrou-se mais econômico, sendo 27,52% mais barato. Cabe destacar que a grande diferença entre os valores dos custos indiretos dos sistemas deve-se principalmente ao período de execução necessário a cada sistema.

Na tabela 6 estão denotados os valores dos custos totais para os dois sistemas para a construção de uma edificação do conjunto habitacional em questão. Os custos totais foram obtidos pela soma dos custos diretos e indiretos de cada sistema.

Tabela 6 - Comparativo geral do total dos custos dos sistemas construtivos

	Concreto armado e alvenaria	<i>Light Steel Frame</i>
Total dos custos por casa (R\$)	R\$ 94.694,14	R\$ 103.992,41
Total dos custos m ² da casa (R\$/m ²)	R\$ 2.013,48	R\$ 2.211,19
Total dos custos do conjunto habitacional (R\$ x 200)	R\$ 18.938.828,00	R\$ 20.798.482,00

Fonte: autores.

A partir dos dados expostos pode-se depreender que levando em conta apenas o custo total da obra da habitação estudada o sistema estrutural de concreto armado e alvenaria é mais atrativo, pois ele é mais barato que o sistema de LSF. Cabe destacar que esta diferença de custo é impactante, pois serão produzidas 200 casas iguais a analisada neste trabalho, e, nesse contexto, o sistema de concreto armado e alvenaria teria um custo 8,94% menor. Porém, o *Light Steel Framing* ainda compensa com maior agilidade de construção, maior padronização dos serviços e menor tempo para o retorno financeiro do dinheiro investido no empreendimento. Outrossim, o LSF é um sistema no qual os retrabalhos são menos frequentes, o que resulta em uma maior facilidade em seguir o cronograma da obra, fator essencial em obras do programa “Minha Casa, Minha Vida”.

Cabe ainda destacar as reduções proporcionadas pela utilização do LSF quanto ao desperdício de materiais, ao consumo de água e às emissões de dióxido de carbono.

5 LIMITAÇÕES

Quanto aos custos, essa pesquisa poderia chegar a diferentes resultados se fosse realizada em uma localidade diferente.

Outrossim, o projeto da estrutura de LSF realizado pelos autores com base na habitação apresentada neste artigo foi determinante para o resultado da pesquisa e, portanto, um projeto estrutural diferente poderia ocasionar que o sistema de LSF fosse mais econômico, ou menos econômico, dependendo da estrutura dimensionada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6355:** Perfis estruturais de aço formados a frio: padronização. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14715-1:** Chapas de gesso para drywall. Parte 1: Requisitos. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15253:** Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais. 2014
- ALVES, L. P. **Comparativo do custo benefício entre o sistema construtivo em alvenaria e os sistemas Steel Frame e Wood Frame.** Revista Especialize On-line IPOG. Goiânia, Edição nº 10, Vol. 01/ 2015, dez. 2015.
- BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do concreto armado.** Notas de aula na disciplina Estruturas de Concreto I, do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia, da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Bauru/SP. Bauru, SP, 2019.
- CICHINELLI, G. **Instalações em steel frame.** Revista Equipe de Obra. 50. ed. 2012.
- CONSULSTEEL. **Construcción com acero leviano – Manual de Procedimiento.** Buenos Aires: ConsulSteel. 2002.
- DIAS, G. L. **Estudo experimental de paredes estruturais de Sistema Leve em Madeira (Sistema Plataforma) submetidas a força horizontal no seu plano.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.
- DIEFENTHÄLER, G. L. **Estudo Comparativo entre orçamento e custo real obtido em residência unifamiliar.** Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, UNIUIÚ. Ijuí, Rio Grande do Sul, 2016.
- DOMARASCKI C. S.; FAGIANI L. S. **Estudo Comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional.** Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos. Barretos, SP, 2009.
- FACCO, I. R. **Sistemas construtivos industrializados para uso em habitações de interesse social.** Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2014.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO – FJP. **Déficit Habitacional no Brasil.** Disponível em: <<http://fjp.mg.gov.br/index.php/docman/direi-2018/871-6-serie-estatistica-e-informacoes-deficit-habitacional-no-brasil-2015291118/file>>. Minas Gerais, 2018.
- GASPAR, A. P. **Construção de edifícios de habitação em Light Steel Framing: Alternativa viável à construção tradicional.** Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Lusófona do Porto. Porto, Portugal, 2013.
- GUIMARÃES, M. M.; COSTA, V. S.; GONÇALVES, J. R. M. R. **Vantagens ambientais do sistema construtivo Light Steel Framing no segmento de construção civil.** Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula, v. 2, n. 1, p. 39-54, jan./jun. 2019.

GUIZELINI, R. **Construção industrializada: rapidez e sustentabilidade para eliminar o déficit habitacional.** Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/a/construcao-industrializada-rapidez-para-eliminar-o-deficit-habitacional_3356>. Acesso em: 14 ago. 2019.

JAVARINI, F. A.; PINTO, C. O. **Light Steel Frame, Habitações Populares e a Sustentabilidade.** O2015 - Encontro Intercontinental sobre a Natureza. Fortaleza, 2015.

LOURENÇO, C. H.; GOURLAT F.; ASSIS M.; MERCEDO A. **Análise Comparativa Dos Sistemas Construtivos: Light Steel Frame e Alvenaria Estrutural.** Revista Pensar Engenharia. V.3, n. 1, jan. /2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Estudo técnico aborda a sustentabilidade na construção civil.** Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/12421-noticia-acom-2014-11-585.html>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

MOLINA, J. C. **Sistema Construtivo em Wood Frame para casas de madeira.** Seminário: Ciências Exatas e Tecnológicas. V. 31, n. 2, p. 143-156, jul. /dez. Londrina, 2010.

POÇAS, C. H. F. **Análise de custo para sistema construtivo em Light Steel Framing como alternativa para projeto de moradia popular da Caixa Econômica Federal.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Campo Mourão. Campo Mourão, Paraná, 2014

PRUDÊNCIO, M. V. M. V. **Projeto e análise comparativa de custo de uma residência unifamiliar utilizando os sistemas construtivos convencional e Light Steel Framing.** Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão. Campo Mourão, Paraná, 2014.

RODRIGUES, F. C. **Steel framing: engenharia.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia / Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2006.

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CASTRO, R. C. M. **Manual de construção em aço Steel Framing: Arquitetura.** CBCA, 2. ed. 2012.

SANTIAGO, A. K.; RODRIGUES M. N.; OLIVEIRA M. S. De. **Light Steel Framing como Alternativa para a construção de moradias populares.** Construmetal – Congresso Latino-Americano Da Construção Metálica. São Paulo, 2010.

SILVA, P. E. V.; MOREIRA R. R. **Projeto de alvenaria de vedação – diretrizes para a elaboração, histórico, dificuldades e vantagens da implementação e relação com a NBR 15575.** Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2017.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS - SINAT. **Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos - Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”).** Diretriz nº 005. MINISTÉRIO DAS CIDADES - Secretaria Nacional da Habitação. Brasília, 2011.

SOUZA, L. G. **Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeiras de lei e Wood Frame.** Monografia - Instituto de Pós-Graduação IPOG. Florianópolis, 2012.

STACHERA JR, T.; CASAGRANDE JR, E.F. **Avaliação de emissões de CO2 na construção civil: um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná.** IX ENGEMA - Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. Curitiba, 2007.

TERNI, A. W.; SANTIAGO, A. K.; PIANHERI, J. **Como construir steel framing: estrutura.** Revista Techné, 137. ed., v. 16, ago. 2008.

TISAKA, M. **Orçamento na Construção Civil: consultoria, projeto e execução.** São Paulo: Pini, 2006.

YAMASHIRO, F. C. **Execução de habitações com sistema construtivo LSF.** Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, São Paulo, 2011.